

ГРАФИ ТА ДЕЯКІ ЇХ ВЛАСТИВОСТІ МЕХАНІЗМІВ МАНІПУЛЯТОРІВ

Теорія графів – один з розділів дискретної математики, призначений для описання дискретних структур та їх властивостей. Сам граф, представляє собою сукупність точок (вершин), з'єднаних між собою лініями, які називають ребрами. Механізм і, є, власне, такою дискретною структурою (крім механізмів із змінною структурою), який складається з ланок, з'єднаних між собою в кінематичні пари, причому і ланки і кінематичні пари є незмінними об'єктами в розумінні забезпечення перетворення механічного руху при переході від однієї ланки до іншої.

Представити граф плоского важільного механізму можна кількома способами: зображувати у вигляді вершин ланки, а у вигляді ребер – дозволені рухи; представляти у вигляді вершин кінематичні пари, а у вигляді ребер – ланки, які утворюють ці кінематичні пари; нарешті, у вигляді вершин представляти структурні групи (групи Ассура), а у вигляді ребер – кінематичні пари, утворені ланками різних структурних груп. Оскільки плоскі важільні механізми утворюються саме приєднанням структурних груп до механізму I класу, то представлення графу такого механізму у вигляді сукупності вершин – структурних груп, з'єднаних ребрами – кінематичними парами, є найбільш інформативним, з точки зору описання структури механізму, і в той же час найбільш компактним. Як відомо, ступінь вільності структурних груп дорівнює нулю, а ступінь вільності механізму I класу дорівнює 1 , тобто на вході маємо один механічний рух з певними характеристиками, і на виході маємо також один рух з іншими, потрібними для виконання технологічних операцій, характеристиками.

При дослідженні механізмів маніпуляторів з метою побудови їх графів маємо принципово іншу картину. При приєднанні нових ланок до тієї ланки, яка утворює кінематичну пару зі стояком, ступінь вільності збільшується мінімум на 1 і вихідна ланка, на якій встановлено захват, призначений для захоплення та переносу в просторі інструмента або деталі (заготовки) має, як правило не менше трьох ступенів вільності. І, звичайно, вихідна ланка здійснює, зазвичай, більш складний просторовий рух, ніж це має місце для випадку вихідної ланки плоского важільного механізму, яка або здійснює простий рух (обертальний чи поступальний) або переміщується в площині, здійснюючи більш складний, плоско-паралельний рух. Таким чином, побудова графу механізму маніпулятора приєднанням до вхідної ланки структурних груп не представляється можливим. Найбільш простим способом побудувати граф механізму маніпулятора є представлення ланок у вигляді вершин, а кінематичних пар, утворених цими ланками, – у вигляді ребер.

Розглянемо, наприклад, побудову графу механізму маніпулятора, зображеного на рис.1,а. Як видно, маніпулятор утворений стояком O та чотирма рухомими ланками $1-4$. Рухомі ланки між собою та зі стояком утворюють наступні кінематичні пари: вертикальна частина 1.1 стержня 1 утворює зі стояком O обертальну пару V класу, також видно, що частина 1.1 обертається в площині рисунка. При цьому горизонтальна частина 1.2 стержня 1 обертається в площині, перпендикулярній площині рисунка. Ланка B утворює з горизонтальним стержнем 1.2 поступальну пару і переміщується вздовж цього стержня. Таким чином повзун B або точка C ланки 2 мають можливість знаходитись в будь-якій точці (в заданих межах відповідно конструкторських або технологічних вимог) площини, перпендикулярної площині рисунка. Наступні кінематичні пари C і D забезпечують переміщення захвату в будь-яку точку в площині рисунка (точніше, в заштрихованій площині ланок $2-4$, рис.1,б). При цьому ланки 2 і 3 , а також ланки 3 і 4 утворюють обертальні пари V класу. Таким чином, захват ланки 4 може зайняти будь-яке положення в просторі в залежності від виконуваних операцій і ми не можемо стверджувати, що він буде знаходитись в певній точці простору у визначений момент часу або при заданому куті повороту ланки 1 , якщо її вважати за вхідну. На рис 1,б показано довільне розташування механізму маніпулятора в координатах x , y та z , де координатами захвату $3T$ є відповідно x_3 , y_3 та z_3 .

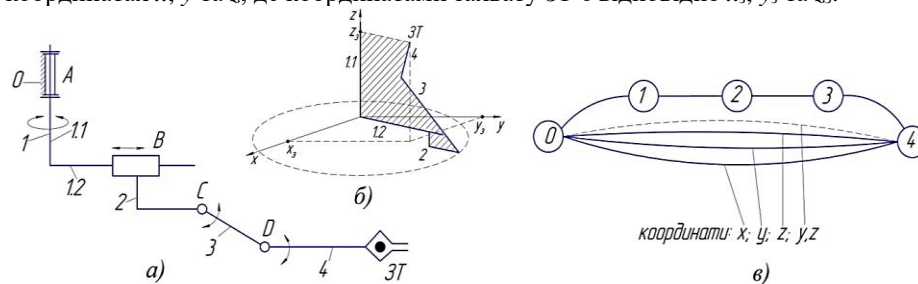


Рис. 1. Побудова графа механізму маніпулятора (а – механізм маніпулятора, б – координати захвату маніпулятора в декартовій системі координат, в – граф механізму маніпулятора)

Тобто, в першому наближенні граф маніпулятора можна представити як сукупність вершин, якими зображують ланки, та ребер, які відповідають дозволеним рухам однієї ланки відносно іншої в кінематичній парі (рис.1,в). Якби ребрами зображували зв'язки (заборонені рухи ланок в кінематичній парі), тоді граф маніпулятора був би незамкненою фігурою, але якщо ребрами зображувати дозволені рухи, то можна ланки 0 та 4 зв'язати

чотирма ребрами, які показують дозволені рухи (ступені вільності) вихідної ланки 4 (захвату) відносно стояка 0. Якщо брати до уваги просторову декартову систему координат, ребер між ланкою 4 та стояком 0 повинно бути 3 відповідно осям x , y , z , оскільки всіма рухомими ланками забезпечується переміщення захвату в системі саме трьох координат (на рис.1,в вони показані суцільними лініями, четверта лінія – координати u, z , які забезпечуються рухом ланок 3 та 4, показана штриховою).

Як бачимо, кількість всіх ребер, які з'єднують ланки 4 і 0, дорівнює 4, тобто кількості ребер, які з'єднують ланки 0-1, 1-2, 2-3 та 3-4. Таким чином, якщо всі кінематичні пари між ланками є парами V класу, то кількість ребер між поступально з'єднаними ланками, з одного боку, і між ланкою 4 (захват) та ланкою 0 (стояк), з другого, є рівними. Ця рівність відображає те, що маніпулятор має можливість досягати координати u як поступальною кінематичною парою, утвореною ланками 1 та 2, так і двома обертальними парами, утвореними ланками 2-3 та 3-4. Але часто в роботах та маніпуляторах зустрічаються, крім кінематичних пар V класу, кінематичні пари нижчих класів, наприклад кінематична пара IV класу вал-втулка (циліндрична пара), або сферичний шарнір (кінематична пара III класу). В будь-якому випадку сумарна кількість ребер (вільних координат) послідовно з'єднаних в кінематичні пари ланок повинна дорівнювати кількості ребер (ступенів вільності) між стояком і захватом:

$$N_{0-1-2-3-4} = N_{1-4}. \quad (1)$$

Далі, враховуючи, що розглядається положення захвату в декартовій системі координат (x, y, z) , можна визначити кількість координат, які забезпечуються різними кінематичними парами:

$$N_{II} = N_{1-4} - 3. \quad (2)$$

До інших властивостей графів механізмів маніпуляторів, які пропонується дослідити, віднесемо співвідношення між кількістю вершин та ребер, зв'язність, орієнтованість, тощо.

Література:

1. Шостачук А.М. Графи плоских важільних механізмів. Науковий пошук молодих дослідників: збірник наукових праць студентів, магістрантів та викладачів / за заг. ред. Карплюк С.О., Вербівського Д.С., Єремєєвої В.М., Бенедисюк М.М., Толстової О.В. – Житомир : Вид-во ЖДУ імені І. Франка, 2019. – Вип. 12. С.99-102.
2. Мельничук С.В., Шостачук А.М. Графи структурних груп (груп Ассура) II та III класів плоских важільних механізмів. Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 6–9 листопада 2019 року.– Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. С. 152–155.
3. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – К.: Наукова думка. – 2002. – 661 с.
4. Теорія графів. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерний моніторинг та геометричне моделювання процесів і систем» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»/ І.М. Кузьменко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,7 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 71 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/35854/1/Teoriia_hrafiiv.pdf